

Docket No.: GR 99 P 5363

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.

By:  Date: January 18, 2001

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Anke Krasemann et al.
Appl. No. : 09/729,058
Filed : December 4, 2000
Title : Method of Producing an Oxidation-Protected Electrode for a Capacitive Electrode Structure

CLAIM FOR PRIORITY

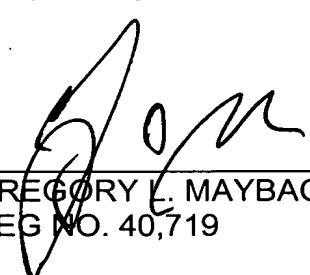
Hon. Commissioner of Patents and Trademarks,
Washington, D.C. 20231

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 199 58 203.3 filed December 2, 1999.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

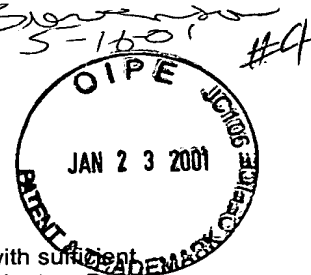
Respectfully submitted,


GREGORY L. MAYBACK
REG NO. 40,719

Date: January 18, 2001

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/mjb





Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 58 203.3

Anmeldetag: 2. Dezember 1999

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG, München/DE

Bezeichnung: Herstellungsverfahren einer oxidationsgeschützten Elektrode für eine kapazitive Elektrodenstruktur

IPC: H 01 L 21/8242

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 5. Dezember 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Jerofsky

Beschreibung

Herstellungsverfahren einer oxidationsgeschützten Elektrode für eine kapazitive Elektrodenstruktur

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer oxidationsgeschützten Elektrode für eine kapazitive Elektrodenstruktur sowie eine kapazitive Elektrodenstruktur, bei der die Elektrode vor Oxidation durch Sauerstoffatome geschützt wird, die in einer unter der Elektrode gelegenen, Sauerstoffangereicherten Metalloxidschicht vorhanden sind.

10

Kapazitive Elektrodenstrukturen sind weit verbreitet und werden insbesondere zur kapazitiven Ansteuerung von MOS-Transistoren und bei flüchtigen Speichern, beispielsweise DRAM, eingesetzt.

15

MOS-Transistoren weisen eine Steuerelektrode bzw. einen Gate-Anschluß auf, der durch ein Gate-Dielektrikum von dem stromführenden Kanal in dem Halbleitersubstrat entfernt liegt. Wird an der Gate-Elektrode eine Spannung angelegt, so entsteht in dem Gate-Dielektrikum eine elektrische Feldstärke, die an der darunter gelegenen Halbleiteroberfläche Ladungen hervorruft. Eine verbesserte kapazitive Ansteuerung bei MOS-Transistoren wird durch eine Reduzierung der Schichtdicke des Gate-Dielektrikums und/oder durch die Verwendung neuer dielektrischer Materialien mit höheren Dielektrizitätskonstanten ϵ_R möglich.

25

Bei flüchtigen Speichern, beispielsweise DRAM, wird durch Reduzierung von Strukturdimensionen die Speicherkapazität verkleinert. Zum Ausgleich muß daher die Flächenkapazität bzw. die Kapazität pro Fläche der kapazitiven Speicherelektrodenstrukturen erhöht werden. Dies kann ebenfalls durch Verkleinerung der Dicke der Dielektrikumsschicht erreicht werden

35

oder/und durch Verwendung von dielektrischen Materialien mit relativ hohen Dielektrizitätskonstanten ϵ_R .

5 Es sind eine Reihe von dielektrischen Materialien bekannt, die relativ hohe Dielektrizitätskonstanten aufweisen, wie beispielsweise Tantalpentoxid Ta_2O_5 , Titandioxid TiO_2 oder Aluminiumoxid Al_2O_3 . Alle diesen Materialien weisen einen relativ hohen Sauerstoffanteil auf.

10 Fig. 1 zeigt eine kapazitive Elektrodenstruktur nach dem Stand der Technik.

Auf einem Siliziumsubstrat wird eine Metall-Barriereschicht ausgebildet, beispielsweise Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid. Darauf wird eine Schicht eines leicht oxidierenden Metalls, dessen Oxid eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweist, beispielsweise Titan, Tantal oder Aluminium abgeschieden. Die Abscheidung der Metallschicht erfolgt dabei in der Regel durch Sputtern, CVD- oder MBE-Verfahren. Diese Metallschicht wird anschließend thermisch oxidiert. Dabei verhindert das darunter liegende Barriere-Dielektrikum ein Eindringen des Metalls in das darunter gelegene Siliziumsubstrat, so daß dort keine unerwünschten Metall-Siliziumverbindungen entstehen können. Die Metall-Barriereschicht besteht aus reinem Siliziumoxid, aus reinem Siliziumnitrid oder aus einer Nitrid-Siliziumoxidschicht. Das Metalloxid kann anstatt durch thermische Oxidation einer abgeschiedenen Metallschicht auch durch einen CVD-Prozeß (CVD: Chemical Vapor Deposition) oder JVD-Prozeß (JVD: Jet Vapor Deposition) ausgebildet werden.

30 Auf der Metalloxidschicht MeO mit der hohen Dielektrizitätskonstante ϵ_R wird im Anschluß Polysilizium abgeschieden. Dabei bildet sich zwischen der Metalloxidschicht MeO und dem Polysilizium eine Siliziumdioxidschicht. Der Grund dafür
35 liegt darin, daß die darunter liegende Metalloxidschicht MeO

eine sauerstoffreiche Schicht mit vielen Sauerstoffatomen ist, die sich mit dem abgeschiedenen Polysilizium zu Siliziumdioxid verbinden. Die sich auf dem Metalloxid Me bildende Oxidschicht hat den Nachteil, daß sie zu einer zusätzlichen kapazitiven Last führt.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Herstellungsverfahren zur Herstellung einer oxidationsgeschützten Elektrode für eine kapazitive Struktur sowie eine kapazitive Elektrodenstruktur zu schaffen, bei der eine Oxidation des auf der Metalloxidschicht aufgetragenen Elektrodenmaterials durch den in der Metalloxidschicht enthaltenen Sauerstoff vermieden wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das im Patentanspruch 1 beschriebenen Herstellungsverfahren sowie durch die in dem Patentanspruch 5 beanspruchte kapazitive Elektrodenstruktur gelöst.

Die Erfindung schafft ein Verfahren zur Herstellung einer oxidationsgeschützten Elektrode für eine kapazitive Elektrodenstruktur mit den folgenden Schritten, nämlich
Bilden einer Metalloxidschicht auf einem Substrat,
Aufbringen einer für Sauerstoffatome undurchlässigen Oxidationssperrschicht auf der Metalloxidschicht, und
Aufbringen der Elektrode auf die Oxidationssperrschicht.

Bei der bevorzugten Ausführungsform wird die Metalloxidschicht durch thermisches Oxidieren einer abgeschiedenen Metallschicht gebildet.

Vorzugsweise wird vor dem Aufbringen der Metallschicht eine Metall-Barriereschicht gegenüber dem Substrat gebildet.

Dies bietet den besonderen Vorteil, daß in dem Substrat keine störenden Metall-Substratverbindungen entstehen können.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Oxidationssperrschicht durch chemische Gasphasenabscheidung bzw. durch einen CVD-Prozeß aufgebracht.

Die Erfindung schafft ferner eine kapazitive Elektrodenstruktur mit

einem Halbleitersubstrat,

einer auf dem Halbleitersubstrat ausgebildeten Metalloxidschicht,

einer auf der Metalloxidschicht aufgetragenen Oxidationssperrschicht und

einer auf der Oxidationssperrschicht ausgebildeten Elektrode.

Die Oxidationssperrschicht ist vorzugsweise elektrisch leitend.

Dies bietet den besonderen Vorteil, daß die Oxidationssperrschicht als elektrisch leitendes Material selbst als Elektrode zum Anschluß an weitere elektrische Bauelemente dienen kann.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung ist eine Metallschicht auf der elektrisch leitenden Oxidationssperrschicht zur Bildung einer Elektrode ausgebildet.

Die elektrisch leitenden Oxidationssperrschicht besteht vorzugsweise aus Wolframnitrid.

Bei einer weiteren Ausführungsform besteht die Oxidationssperrschicht aus Titannitrid.

Bei einer weiteren alternativen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Elektrodenstruktur besteht die Oxidationssperrschicht aus einem nicht elektrisch leitenden Material, und eine Polysiliziumschicht wird auf die Oxidationssperrschicht zur Bildung der Elektrode aufgebracht.

Dabei besteht die elektrisch nichtleitende Oxidationssperrschicht vorzugsweise aus einem Material mit einer hoher Dielektrizitätskonstante.

10

Dies hat den Vorteil, daß die Lastkapazität verringert wird.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform besteht die elektrisch nichtleitende Oxidationssperrschicht aus Siliziumnitrid.

15

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der kapazitiven Elektrodenstruktur besteht die Metalloxidschicht aus einem sauerstoffreichen Material mit hoher Dielektrizitätskonstante.

20

Die Metalloxidschicht besteht bei einer ersten Ausführungsform aus Titandioxid.

25

Die Metalloxidschicht besteht bei einer weiteren Ausführungsform aus Tantalpentoxid.

Die Metalloxidschicht besteht bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform aus Aluminiumoxid.

30

Vorzugsweise ist zwischen der Metalloxidschicht und dem Substrat eine Metall-Barriereschicht vorgesehen.

Dies bietet den besonderen Vorteil, daß keine ungewollten Metall-Substratverbindungen entstehen.

35

Die Metall-Barriereschicht besteht vorzugsweise aus Siliziumdioxid.

Bei einer alternativen Ausführungsform besteht die Metall-
5 Barriereschicht aus Siliziumnitrid.

Die Oxidationssperrschicht besteht vorzugsweise aus einer stickstoffreichen Verbindung zur Verhinderung der Diffusion von Sauerstoffatomen durch die Oxidationssperrschicht.

10

Im weiteren wird eine bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer oxidationsgeschützten Elektrode für eine kapazitive Elektrodenstruktur mit Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen zur Erläuterung erfindungswesentlicher Merkmale beschrieben.

15

Es zeigen:

20

Fig. 1 eine typische Elektrodenstruktur nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 eine kapazitive Elektrodenstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung.

25

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer oxidationsgeschützten Elektrode für eine kapazitive Elektrodenstruktur wird auf einem Substrat 1, beispielsweise einem Siliziumsubstrat, vorzugsweise eine Metall-Barriereschicht 2 ausgebildet. Die Metall-Barriereschicht 2 besteht daher vorzugsweise aus Siliziumdioxid oder aus Siliziumnitrid. Auf der Metall-Barriereschicht 2 wird eine Metalloxidschicht 3 ausgebildet. Die Metalloxidschicht 3 wird vorzugsweise durch thermisches Oxidieren einer auf der Metall-Barrierschicht 2 abgeschiedenen Metallschicht gebildet. Hierbei wird die Metallschicht des stark oxidierenden Metalls, dessen Oxid eine hohe

35

Dielektrizitätskonstante aufweist, wie beispielsweise Titan, Tantal oder Aluminium, auf der Metall-Barriereschicht 2 durch Sputtern, durch einen CVD-Prozeß oder einen MBE-Prozeß abgeschieden. Diese abgeschiedene Metallschicht aus Titan, Tantal oder Aluminium wird anschließend thermisch zu Titandioxid, Tantalpentoxid oder Aluminiumoxid oxidiert. Die Metall-Barriereschicht 2 verhindert dabei ein Eindringen von Metallionen in das Substrat 1, so daß dort keine unerwünschten Metall-Substratverbindungen entstehen.

Die Metalloxidschicht 3 kann auch direkt durch chemische Gasphasenabscheidung des Oxids aufgebracht werden.

Auf die derart hergestellte Metalloxidschicht 3 wird im nächsten Schritt eine für Sauerstoffatome undurchlässige Oxidationssperrschicht 4 aufgebracht.

Die Oxidationssperrschicht besteht entweder aus einem nichtleitenden bzw. isolierenden Material oder aus einem elektrisch leitenden Material.

Ist die Oxidationssperrschicht 4 gemäß einer ersten Ausführungsform elektrisch leitend, bietet dies den Vorteil, daß die Oxidationssperrschicht 4 selbst die elektrisch leitende Elektrode bilden kann. Die elektrisch leitende Oxidationssperrschicht 4 kann dabei bei weiteren Ausführungsformen mit weiteren elektrisch leitenden Metallschichten überzogen werden, um eine Elektrode entsprechend dem technologischen Herstellungsprozeß zu schaffen. Eine elektrisch leitende Oxidationssperrschicht 4 wird vorzugsweise durch einen CVD-Prozeß aufgebracht. Dabei besteht die elektrisch leitende Oxidationssperrschicht vorzugsweise aus Wolframnitrid oder Titaninitrid. Die stickstoffreichen Verbindungen verhindern ein Hindurchtreten von Sauerstoffatomen aus der Metalloxidschicht 3 durch die Oxidationssperrschicht 4.

Bei einer alternativen Ausführungsform besteht die Oxidationssperrschicht 4 aus einem nicht elektrisch leitenden Material. Das elektrisch nicht leitende Material der Oxidationssperrschicht 4 wird dabei so gewählt, daß es eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweist. Hierdurch entsteht eine nur geringe Lastkapazität. Vorzugsweise besteht das elektrisch nichtleitende Material der Oxidationssperrschicht aus Siliziumnitrid.

10

Die Oxidationssperrschicht 4 wird dann vorzugsweise mit einer Polysiliziumschicht 5 zur Bildung der Elektrode überzogen. Die Oxidationssperrschicht 4 verhindert ein Hindurchtreten von Sauerstoffatomen aus der sauerstoffreichen Metalloxidschicht 3 in die Polysiliziumschicht 5, so daß die Polysiliziumschicht 5 nicht oxidiert. Insbesondere wird durch die Oxidationssperrschicht 4 eine Diffusion von Sauerstoffatomen aufgrund eines vorhandenen Konzentrationsgradienten in die Polysiliziumschicht verhindert. Dies wird vorzugsweise durch Stickstoff erreicht, der in der Oxidationssperrschicht 4 enthalten ist.

15

20

Die in Fig. 2 gezeigte, erfindungsgemäße kapazitive Elektrodenstruktur weist eine sehr hohe Flächenkapazität aufgrund der darin enthaltenen Metalloxidschicht 3, die eine sehr hohe Dielektrizitätskonstante ϵ_r besitzt, auf. Gleichzeitig wird aufgrund der Oxidationssperrschicht 4 verhindert, daß die darüber liegende Polysiliziumschicht durch die sauerstoffreiche Metalloxidschicht 3 oxidiert wird. Die in Fig. 2 gezeigte kapazitive Elektrodenstruktur eignet sich hervorragend zur Miniaturisierung eines mehrschichtigen Dielektrikums, beispielsweise in flüchtigen Speichern, wie DRAM oder MOS-Strukturen. Gleichzeitig kann der technologische Herstellungsprozeß aufgrund der verwendeten besonderen Materialien gut kontrolliert werden, so daß der Ausschuß bei Herstellung

25

30

35

derartiger kapazitiver Elektrodenstrukturen sehr gering ist. Bei einer leitenden Oxidationssperrschicht 4, wie beispielsweise Wolframnitrid, kann die Elektrode, beispielsweise die Gate-Elektrode, integriert werden, so daß man unabhängig von 5 Polysilizium-Gate-Depletionseffekten ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer oxidationsgeschützten Elektrode für eine kapazitive Elektrodenstruktur mit den folgenden Schritten:

(a) Bilden einer Metalloxidschicht (3) auf einem Substrat (1);

(b) Aufbringen einer für Sauerstoffatome undurchlässigen Oxidationssperrschicht (4) auf der Metalloxidschicht (3);

(c) Aufbringen einer Elektrode (5) auf die Oxidationssperrschicht (4).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Metalloxidschicht (3) durch thermisches Oxidieren einer abgeschiedenen Metallschicht gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß eine Metall-Barriereschicht (2) zwischen der Metalloxidschicht (3) und dem Substrat (1) gebildet wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Oxidationssperrschicht (4) durch chemische Gasphasenabscheidung aufgebracht wird.

5. Kapazitive Elektrodenstruktur mit:

(a) einem Halbleitersubstrat (1);

(b) einer auf dem Halbleitersubstrat (1) ausgebildeten Metalloxidschicht (3);

(c) einer auf der Metalloxidschicht (3) aufgetragenen Oxidationssperrschicht (4); und mit

(d) einer auf der Oxidationssperrschicht (4) ausgebildeten Elektrode (5).

6. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Oxidationssperrschicht (4) elektrisch leitend ist.

5

7. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß auf der elektrisch leitenden Oxidationssperrschicht (4)
eine Metallschicht zur Bildung der Elektrode (5) ausgebildet
ist.

10

8. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß die elektrisch leitende Oxidationssperrschicht (4) aus
Wolframnitrid besteht.

15

9. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß die elektrisch leitende Oxidationssperrschicht (4) aus
Titannitrid besteht.

20

10. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Oxidationssperrschicht (4) nicht elektrisch leitend
ist und eine Polysiliziumschicht (5) auf der Oxidationssperr-
schicht (4) zur Bildung der Elektrode ausgebildet ist.

25

11. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß die elektrisch nichtleitende Oxidationssperrschicht (4)
aus einem Material mit hoher Dielektrizitätskonstante be-
steht.

30

12. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet,

35

daß die nichtleitende Oxidationssperrschicht (4) aus Siliziumnitrid besteht.

5 13. Kapazitive Elektrodenstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche 5 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Metalloxidschicht (3) aus einem sauerstoffreichen Material mit hoher Dielektrizitätskonstante besteht.

10 14. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Metalloxidschicht (3) aus Titandioxid besteht.

15 15. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Metalloxidschicht (3) aus Tantalpentoxid besteht.

20 16. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Metalloxidschicht (3) aus Aluminiumoxid besteht.

25 17. Kapazitive Elektrodenstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche 5 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
daß zwischen der Metalloxidschicht (3) und dem Substrat (1) eine Metall-Barriereschicht (2) vorgesehen ist.

30 18. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Metall-Barriereschicht (2) aus Siliziumdioxid besteht.

19. Kapazitive Elektrodenstruktur nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,

daß die Metall-Barriereschicht (2) aus Siliziumnitrid besteht.

20. Kapazitive Elektrodenstruktur nach einem der vorangehenden Ansprüche 5 bis 18,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Oxidationssperrschicht (4) aus einer stickstofffreien Verbindung besteht zur Verhinderung der Diffusion von Sauerstoffatomen durch die Oxidationssperrschicht (4).

Zusammenfassung

Kapazitive Elektrodenstruktur und deren Herstellungsverfahren mit einem Halbleitersubstrat (1), einer auf dem Halbleitersubstrat (1) ausgebildeten Metalloxidschicht (3), einer auf der Metalloxidschicht (3) aufgetragenen Oxidationssperrschicht (4) und mit einer auf der Oxidationssperrschicht (4) ausgebildeten Elektrode (5).

10 Fig. 2

Bezugszeichenliste

- 1 Substrat
- 2 Metall-Barriereschicht
- 3 Metalloxidschicht
- 4 Oxidationssperrschicht
- 5 Elektrode

$\frac{1}{2}$

Poly-Si

SiO₂

MeO

SiO₂

Si

Fig 1

$2\frac{1}{2}$

5

4

3.

2

1

SI

Fig 2